

Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico correlacionados aos limites críticos do crescimento de raízes para o milho (*Zea mays* L.).

Aline Martineli Batista⁽¹⁾; Bruno Montoani Silva⁽²⁾; Marina Luciana Abreu de Melo⁽³⁾; Gabriela Soares Santos Araújo⁽⁴⁾; Eduardo Vieira Guimarães⁽⁵⁾; Karina Mendes Bertolino⁽⁶⁾; Samuel Petraccone Caixeta⁽²⁾; Álvaro Vilela de Resende⁽⁷⁾.

⁽¹⁾Estudante de Engenharia Agrônômica/Bolsista PET-Agronomia; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); Sete Lagoas, MG; martineli.aline@gmail.com; ⁽²⁾Professor; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); ⁽³⁾Estudante de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ)/Bolsista CNPq; ⁽⁴⁾Estudante de Engenharia Agrônômica/Bolsista FAPEMIG; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); ⁽⁵⁾Estudante de Bacharelado em Biosistemas; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ); ⁽⁶⁾Estudante de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) ⁽⁷⁾Pesquisador / Professor; Embrapa Milho e Sorgo / Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ).

RESUMO: O manejo intensivo e inadequado do solo degrada áreas agrícolas. Objetivou-se avaliar alterações na Ds e porosidade do solo, correlacionando aos limites críticos do crescimento das raízes do milho em sistemas com diferentes níveis de investimento em adubação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e sete tratamentos: médio investimento, com sucessão soja-pousio-soja (T1); médio investimento, com sucessão milho-pousio-milho (T2); médio investimento, com sucessão soja-pousio-milho (T3); médio investimento, com sucessão soja-braquiária-milho (T4); alto investimento, com sucessão soja-braquiária-milho (T5) e alto investimento em adubação, com sucessão soja-pousio-milho (T6); e a testemunha, área de Cerrado em revegetação próxima (CR). Coletou-se amostras ideformadas nas profundidades de 0-5 e 15-20 cm e determinou-se Ds, porosidade total (Pt), microporosidade (Micro) e macroporosidade (Macro). Macro e Pt foram maiores ($p \leq 0,05$) para o CR e na camada de 0-5 cm para todos os tratamentos, o que deve-se a maior presença de raízes. Ds foi menor no CR por ser um ecossistema não alterado e maior na profundidade de 15-20 cm por ser abaixo da camada arável. Os valores obtidos não são limitantes ao crescimento e desenvolvimento radicular do milho.

Termos de indexação: densidade do solo, porosidade, sistema radicular.

INTRODUÇÃO

O manejo intensivo e inadequado do solo, é considerado a principal causa de degradação das

áreas agrícolas (Paiva, 2011), assim, a incorporação de sistemas de manejo do solo que visem mitigar esta degradação é de suma importância. De acordo com Doran & Parkin (1994), a relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo seu efeito nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Um exemplo de manejo que favorece a qualidade física do solo é o emprego de sistemas com consorciação de culturas, sendo que para este fim, recomenda-se o emprego de gramíneas pela alta produção de fitomassa, que promove cobertura do solo por um longo período (Borghetti et al., 2006).

Sendo que, quanto à qualidade física, de acordo com o manejo adotado podem ser verificadas alterações na densidade e porosidade do solo (Paiva, 2011). Segundo Reichert et al. (2003), o aumento da densidade do solo (Ds) e a redução da porosidade, principalmente da macroporosidade (Macro), afeta diversos atributos do solo, como a condutividade hidráulica, a permeabilidade e a infiltração de água. Com a redução destas propriedades do solo, segundo Streck et al. (2004) ocorre redução no crescimento e desenvolvimento radicular.

Objetivou-se avaliar alterações na Ds e porosidade do solo, correlacionando estas propriedades aos limites críticos do crescimento das raízes para a cultura do milho em sistemas com diferentes níveis de investimento em adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas - MG, (19°28'S, 44°15'W e altitude de 732 m). O clima da região se enquadra no tipo (Cwa), segundo a

classificação de Köppen. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (Embrapa, 2013).

De agosto à outubro de 2014 foram realizadas, na área operações de preparo do solo para implantação de um sistema de plantio direto, sendo que o revolvimento do solo não ultrapassou 25 cm de profundidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições e sete tratamentos que consistiram em faixas de plantio com diferentes níveis de investimento em adubação: médio investimento, com sucessão soja-pousio-soja (T1); médio investimento, com sucessão milho-pousio-milho (T2); médio investimento, com sucessão soja-pousio-milho (T3); médio investimento, com sucessão soja-braquiária-milho (T4); alto investimento, com sucessão soja-braquiária-milho (T5) e alto investimento em adubação, com sucessão soja-pousio-milho (T6); e a testemunha, área de Cerrado em revegetação próxima (CR).

As análises foram processadas no Laboratório Solos II da Universidade Federal de São João del-Rei, *Campus Sete Lagoas*.

Em julho de 2015, após a colheita da primeira safra, foram coletados, nas camadas de 0-5 cm e 15-20 cm, amostras indeformadas de solo, em anéis volumétricos. Estas amostras foram preparadas e saturadas por meio de elevação gradual de uma lâmina de água, pesadas para estimar o conteúdo de água na saturação (θ_s) e levadas para determinação da água em equilíbrio aos potenciais (Ψ): -1, -2, -4, -6, -10, em mesa de tensão automatizada e -33, -100, -500 e -1500 kPa em câmaras de Richards. Após atingir o equilíbrio hídrico em cada potencial, as amostras foram pesadas. Posteriormente elas foram secas em estufa a 105°C para quantificar o conteúdo de água (θ) associado a cada Ψ . A partir dos dados obtidos foram determinados os atributos: Ds, com base na relação entre massa e volume; porosidade total (Pt), como sendo igual à θ_s ; microporosidade (Micro), como sendo igual ao conteúdo de água à 6 kPa; macroporosidade (Macro), por diferença entre a Pt e Micro (Embrapa, 2011).

Em novembro de 2015 e fevereiro de 2016 foram coletados, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, amostras de torrões/agregados para avaliação da granulometria e teor de matéria orgânica, para a caracterização do solo.

A análise granulométrica foi determinada pelo método da pipeta, após a secagem do solo ao ar e tamisamento com malha de 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), empregando-se solução de NaOH como dispersante químico e agitação lenta de 40 rpm, por 16 horas (Embrapa,

2011) e o teor de matéria orgânica foi avaliado por uma metodologia adaptada a partir da Walkley-Black (Walkley & Black, 1934), sendo os resultados desta caracterização do solo apresentados na **Tabela 1**.

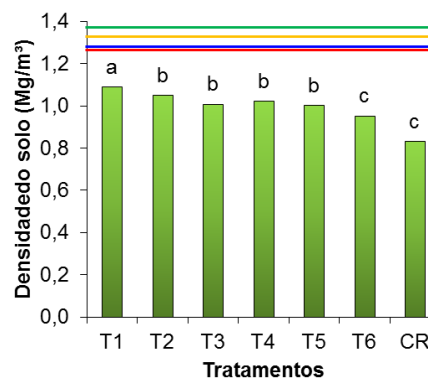
Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e, quando significativo, ao teste de médias Skott-knott a 5% de significância com auxílio da linguagem R pacote ExpDes (Ferreira et al. 2013).

Tabela 1 – Teores de areia, silte, argila e matéria orgânica do solo (MOS) para os tratamentos avaliados.

Tratamentos	Areia	Silte	Argila	MOS
	-----%-----			
T1	12,33	23,92	63,74	5,06
T2	11,43	14,40	74,53	4,07
T3	11,93	14,98	73,10	4,20
T4	11,53	17,10	71,37	4,30
T5	11,38	12,21	76,42	4,44
T6	12,61	31,41	63,74	4,31
CR	22,54	20,08	57,38	6,40

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores de 1,28 e 1,27 Mg m⁻³ foram observados por Tormena et al. (1998) e Tormena et al. (1999) como densidade crítica para a cultura do milho em um Latossolo com proporções granulométricas semelhantes ao avaliado. Porém Suzuki (2005), avaliando a restrição ao alongamento da raiz versus a diminuição do rendimento em LVd cultivado com milho, obteve o valor de densidade crítica de 1,36 Mg m⁻³. Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica de 1,30 Mg m⁻³ para solos argilosos. Apesar de ter sido observado um aumento significativo da Ds nos tratamentos T1 à T5, em comparação à testemunha CR (**Figura 1**), os mesmos não atingiram a densidade crítica, não havendo, desta forma, impedimentos para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do milho.

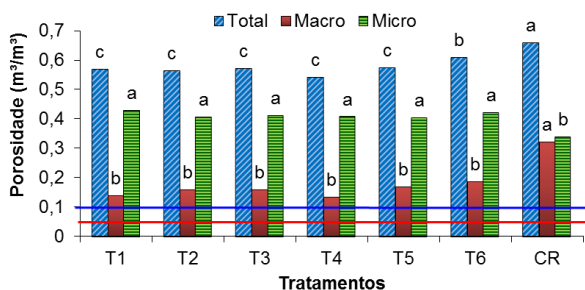


Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Figura 1. Densidade do solo (Ds) para os tratamentos avaliados com faixas de limites crítico propostas por Tormena et al. (1998) (linha azul), Tormena et al. (1999) (linha vermelha), Suzuki (2005) (linha verde), Reichert et al. (2003) (linha amarela). CV (coeficiente de variação) = 7,01%.

Os tratamentos T1 e T6 apresentaram valores, respectivamente, maiores e menores, comparando-se apenas os tratamentos submetidos ao preparo do solo, possivelmente isto deve-se ao fato da faixa de cultivo do T6 não encontrar-se na mesma condição inicial das demais ou do preparo do solo não ter sido homogêneo para toda a área e ao sistema radicular da soja, no T1, por ser de menor volume do que o do milho, não ter sido eficaz na manutenção de uma menor Ds.

A Macro dos tratamentos submetidos à ação agrícola (T1 à T5) foi significativamente reduzida ($p < 0,05$) em comparação com a Macro do CR, considerado um ecossistema natural que não sofreu modificações antrópicas (Figura 2). Alvarenga et al. (2015) também observou em seu trabalho uma maior Macro para o Cerrado em comparação a alguns agroecossistemas e justificou que o mesmo possivelmente deve-se a ação do sistema radicular deste ambiente.



Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

Figura 2. Porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) para os tratamentos avaliados com faixa de limite crítico para Macro (linha vermelha), proposta por Suzuki (2005) e mínimo ideal de Macro (linha azul), proposto por Vomocil & Flocker (1966). CVs: Pt = 5,87%, Macro = 23,93%, Micro = 7,06%.

Em LVd, Suzuki (2005) obteve o valor de Macro limitante ao crescimento e desenvolvimento das raízes de milho de no mínimo $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e Vomocil & Flocker (1966) demonstraram que é necessário no mínimo $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de Macro para que o crescimento e desenvolvimento das plantas seja satisfatório. Apesar do CR ter Macro superior ($p < 0,05$), os demais tratamentos se enquadram

acima de ambos os limites (Figura 2).

Quanto aos valores de Micro, como esperado, visto que a Pt é dividida em Macro e Micro, observou-se menor valor para o CR em relação aos demais tratamentos (Figura 2). Alvarenga et al. (2015), apesar de não significativo, também obteve valores menores de Micro no Cerrado quando a Macro deste foi superior. Este resultado corrobora com Pires et al. (2008) que observou que uma área com menor Ds possuía também maior Macro e menor Micro, justamente devido a ação das raízes das plantas que criam bioporos.

Os resultados relativos à Pt (Figura 2), corroboram com a Macro e Micro obtidas, visto que consiste na soma destas duas propriedades. Assim, o CR teve maior Pt se comparado aos demais tratamentos.

Dentre os tratamentos submetidos ao preparo do solo observou-se que o T6 teve Pt significativamente superior aos demais, isso, possivelmente deve ter ocorrido pela mesma razão que este tratamento apresentou menor Ds.

Esperava-se melhorias significativas nos tratamentos T4 e T5, que tiveram braquiária na sucessão, visto que benefícios pelo uso desta gramínea na qualidade física do solo são relatados por diversos autores (Borghini, 2006; Silva & Mielniczuk, 1997; Calonego et al., 2011). No entanto, verificou-se que a braquiária ainda não promoveu modificações nos atributos físicos do solo, no entanto, estas modificações são esperadas para a próxima safra.

Para as profundidades avaliadas observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) para Ds, Pt e Macro, sendo que foram encontradas Ds maiores na profundidade de 15-20 cm (Tabela 2), o que corrobora com Marcolan & Anghinoni (2006), que observaram que Ds aumenta quando a Pt é reduzida.

Tabela 2 – Valores obtidos para diferentes atributos físicos nas profundidades avaliadas em um Latossolo Vermelho distrófico sob um ano de PD para os tratamentos avaliados.

Cama das (cm)	Ds (Mg m^{-3})	Pt ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	Macro ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	Micro ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)
0-5	0,97 b	0,60 a	0,20 a	0,40 a
15-20	1,02 a	0,57 b	0,16 b	0,41 a
CV	7,01%	5,87%	23,93%	7,06%

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott.

A Pt e a Macro foram maiores ($p < 0,05$) na profundidade de 0-5 cm, o que, possivelmente deve-

se a presença de raízes, pois nos agroecossistemas, por ser uma camada preparada as raízes tendem a concentrar-se mais nela (Pires et al., 2008). Tormena et al. (2002) observaram que a aração e escarificação do solo proporcionaram valores maiores de Macro e Pt para a camada arável. Susuki (2005) observou maior concentração de raízes de milho na camada de 0-10 cm.

Evidenciou-se poucas diferenças significativas entre os tratamentos submetidos ao preparo do solo, possivelmente pela homogeneidade promovida ao solo pelo seu revolvimento. Marcolan & Anghinoni (2006) evidenciaram que o preparo do solo promoveu maior homogeneização em todo perfil revolvido ao avaliarem atributos físicos.

CONCLUSÕES

A porosidade e Ds dos tratamentos em áreas cultivadas apresentam impactos negativos se comparados a ambientes naturais após a primeira safra, devido ao preparo do solo, mas estes impactos não geram modificações que acarretam danos ao crescimento e desenvolvimento radicular para a cultura do milho.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Milho e Sorgo, à FAPEMIG, ao CNPq, à UFSJ e ao PET-Agronomia.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R. C.; MELO, L. S.; VIANA, M. C. M. GONTIJO NETO, M. M.; FREITAS, D. A. F. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes condições de uso. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2015, Natal, **Anais...** Natal, 2015.

BORGHI, É.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA C. Desenvolvimento da cultura do milho em consorciação com *Brachiaria brizantha* em sistema plantio direto. **Energia na Agricultura**, v.21, n.3, p.19-33, 2006.

CALONEGO, J. C.; GOMES, T. C.; SANTOS, C. H.; TIRITAN, C. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura em solo compactado. **Bioscience Journal**, v.27, n.2, p.289-296, 2011.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Documento 182, Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Embrapa Produção de Informação, 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Experimental Designs package** (Portuguese), 2013.

MARCOLAN, A. L.; ANGHINONI, I. Atributos físicos de um Argissolo e rendimento de culturas de acordo com o revolvimento do solo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 163-170, 2006.

OLIVEIRA, J. I. P. **Avaliação de ureia de liberação lenta na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 33 p., 2015 (Trabalho de Conclusão de Curso).

PAIVA, C. T. C. **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. Rio Branco: UFAC, 2011, 33 p. (Dissertação de mestrado).

PIRES, F. R.; ASSIS, R. L.; PROCÓPIO, S. O.; SILVA, G. P.; MORAES, L. L.; RUDOVALHO, M. C.; BÔER, C. A. Manejo de plantas de cobertura antecessoras à cultura da soja em plantio direto. **Revista Ceres**. v. 55, n. 2, p. 094-101, 2008.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.113-117, 1997.

STRECK, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.755-760, 2004.

SUZUKI, L. E. A. S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. Universidade Federal de Santa Maria, 149 p., 2005 (Dissertação de mestrado).

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, 2002.

TORMENA, C. A., SILVA, A. P., LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 573-581, 1998.



TORMENA, C. A., SILVA, A. P., LIBARDI, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**, v. 52, p. 223–232, 1999.

VOMOCIL, J. A.; FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil, air and water. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 4, p. 242-246, 1966.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
